

PENGARUH PECAHAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI PENGANTI AGREGAT KASAR DALAM CAMPURAN BETON

EFFECT OF COCONUT SHELL FRAGMENTS AS SUBSTITUTE FOR COARSE AGGREGATE IN CONCRETE MIXTURE

Jacky¹, Debora Elnov², Anggi Debrinda Rama³, Rizky Fernando⁴, Rachmansyah⁵

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Krida Wacana

Jl. Tanjung Duren Raya No. 4 – Jakarta Barat

¹jacky.2014ts004@civitas.ukrida.ac.id, ²debora.2014ts001@civitas.ukrida.ac.id,

³anggi.2014ts019@civitas.ukrida.ac.id,

⁴rizky.2014ts011@civitas.ukrida.ac.id, ⁵rachmansyah@ukrida.ac.id

Abstrak

Beton merupakan campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Beton normal memiliki berat isi sebesar 2.200-2.500 kg/cm³. Inovasi terus dilakukan untuk dapat menemukan campuran beton yang baik dan ekonomis. Pembuatan beton normal diinovasikan dengan menggunakan bahan pecahan tempurung kelapa. Pecahan tempurung kelapa sebagai limbah yang jarang diolah dijadikan bahan pengganti agregat kasar untuk pembuatan beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pecahan tempurung kelapa terhadap kuat tekan dan absorpsi beton. Pecahan tempurung kelapa merupakan pecahan yang lolos saringan 1,5" dan tertahan di saringan nomor 4. Pengganti agregat kasar dengan kadar sebesar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Pengujian dilakukan dengan 10 *sample* silinder benda uji dan diuji pada hari ke-7, ke-14, ke-21, dan hari ke-28. Beton dengan *fc'* 30 MPa memiliki kuat tekan sebesar 37,3 MPa. Hasil dari pengujian yang dilakukan dengan pecahan tempurung kelapa dihasilkan kuat tekan terbesar dengan kadar 4% sebesar 27,98 MPa. Hasil tersebut menunjukkan kuat tekan dengan mengganti tempurung kelapa kadar 4% mengalami penurunan sebesar 24,99% dari kuat tekan beton normal. Nilai absorpsi terbesar ada pada pecahan tempurung kelapa kadar 10% sebesar 2,31%. Hasil tersebut menunjukkan nilai absorpsi dengan mengganti tempurung kelapa kadar 10% mengalami kenaikan sebesar 16,67% dari nilai absorpsi beton normal.

Kata Kunci: beton normal, tempurung kelapa, kuat tekan, absorpsi

Abstract

Concrete is a mixture of cement, fine aggregate, coarse aggregate and water. The density of normal concrete is 2200-2500 kg/cm³. Innovation is encouraged to find a good and economical concrete mix. One innovation in normal concrete production is by using coconut shell. Fragments of coconut shell, as a waste rarely processed, is used as a coarse aggregate in concrete production. This research aims to determine the effect of coconut shell fragments on the compressive strength and concrete absorption. Coconut shell fragments is a fraction that passes the 1.5" filter and gets stuck in filter number 4. The substitute for the coarse aggregate contained 2%, 4%, 6%, 8% and 10% coconut shell fragments. The compressive strength test was performed using ten cylindrical specimens, and the concrete was tested for compressive strength test on the 7th, 14th, 21st and 28th day. The concrete with *fc'* 30 MPa has a compressive strength of 37.3 MPa. The results show that when using 4% coconut shell fragments, the concrete produces the greatest compressive strength,

which is 27.98 MPa. This result shows the compressive strength by substituting 4% coconut shell fragments is 24.99% lower compared to normal concrete compressive strength. The greatest absorption value was observed when using 10% coconut shell fragments, which is 2.31%. The results show that the absorption value when applying 10% coconut shell fragments, the absorption value raises 16.67% compared to normal concrete absorption value.

Keywords: normal concrete, coconut shell, compressive strength, absorption

Tanggal Terima Naskah : 04 Desember 2017
Tanggal Persetujuan Naskah : 17 Januari 2018

1. PENDAHULUAN

Beton menjadi salah satu bahan dalam bidang konstruksi, digunakan untuk konstruksi bangunan gedung, jembatan, dan sebagainya. Saat ini beton banyak mengalami inovasi untuk menghasilkan beton yang lebih baik dan ekonomis. Saat ini beton banyak dimodifikasi dengan mencampurkan berbagai bahan limbah sebagai pengganti agregat kasar. Penggunaan bahan alam secara terus menerus akan menyebabkan sumber daya alam menurun dan habis. Persoalan tersebut memicu dilakukannya pembaharuan dalam pembuatan atau pencampuran beton. Hal tersebut juga bertujuan untuk meningkatkan kualitas beton.

Inovasi terus dikembangkan dengan mencari berbagai macam bahan pengganti yang mampu mempertahankan bahkan meningkatkan kualitas beton. Bahan pengisi beton sendiri merupakan bahan yang mudah ditemukan di alam dan mudah diolah. Banyak bahan-bahan pengganti terutama bahan pengganti agregat kasar yang mudah ditemukan. Namun, tidak semua bahan memiliki kualitas yang sama dengan agregat kasar yang biasa digunakan. Inovasi terus dikembangkan dengan menggunakan berbagai macam limbah.

Indonesia dikenal sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan. Kekayaan alam Indonesia dipenuhi dengan berbagai jenis tumbuhan, salah satunya adalah kelapa, dimana buahnya biasa digunakan untuk bahan makanan dan tempurungnya untuk pembakaran. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian Indonesia, produktivitas kelapa di Indonesia sebanyak 2.920.665 pada tahun 2015. Produktivitas yang tinggi menempatkan Indonesia sebagai negara dengan penghasil kelapa terbanyak di dunia. Kebutuhan kelapa yang terus meningkat akan menghasilkan sisa tempurung kelapa yang semakin banyak dan akhirnya menjadi limbah sampah.

Limbah tempurung kelapa dapat dijadikan bahan *recycle* untuk dikembangkan dalam pembuatan beton. Pemilihan tempurung kelapa sebagai bahan campuran beton dikarenakan strukturnya yang keras. Kekuatan yang dimiliki tempurung kelapa diharapkan dapat mempertahankan atau bahkan meningkatkan nilai kuat tekan beton normal. Selain itu, penggunaan pecahan tempurung kelapa juga untuk meninjau nilai absorpsi yang ditimbulkannya.

Pada penelitian sebelumnya tempurung kelapa juga sudah digunakan untuk mengganti agregat kasar. Penelitian dilakukan oleh Sonawane dan Chetan dengan judul "Waste Coconut Shell as a Partial Replacement Coarse Aggregate in Concrete Mix – An Experimental Study". Spesifikasi tempurung yang digunakan, yaitu ukuran 5 mm sampai 20 mm. Pengeringan dilakukan selama minimal satu bulan. Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berbentuk kubus. Kadar yang diuji pada penelitian ini adalah kadar 25%, 50%, dan 100%. Hasil nilai kuat tekan untuk kadar 25% sebesar 20,2 MPa, kadar 50% sebesar 19,65 Mpa, dan kadar 100% sebesar 14,23 MPa.

2. KONSEP DASAR

2.1 Beton

Beton merupakan campuran dari berbagai bahan, seperti semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang dapat mempengaruhi massa padat beton. Beton terdiri atas beberapa jenis, yaitu beton bertulang, beton normal, beton polos, dan jenis lainnya. Salah satu beton yang biasa digunakan untuk konstruksi adalah beton normal. Beton normal memiliki berat isi sebesar $2.200 - 2.500 \text{ kg/cm}^3$. Beton normal biasa dibuat dengan bahan-bahan alami, dimana agregat alam yang digunakannya dipecah atau bisa juga tidak dipecah. Beton juga terdiri atas beberapa mutu, yaitu mutu rendah dengan $f_c' < 20 \text{ MPa}$, beton mutu sedang dengan $f_c' 21 \text{ MPa}$ sampai 40 MPa , dan beton mutu tinggi dengan $f_c' \geq 41 \text{ MPa}$.

Beton banyak digunakan untuk berbagai pekerjaan konstruksi karena kelebihanannya, yaitu ekonomis dan tahan lama. Dibandingkan dengan bahan lain seperti baja dan kayu, beton hadir dengan kemudahan dalam pembentukan dan mampu memberikan kekuatan yang diinginkan. Terdapat beberapa kelebihan beton, yaitu beton mudah dibentuk sesuai dengan bentuk yang dibutuhkan, beton dapat memikul beban berat sesuai kapasitasnya, beton tahan terhadap api atau temperatur yang tinggi, nilai kekuatan dan daya tahan beton tergolong relatif tinggi, dan beton merupakan bahan yang relatif murah dari segi pemeliharaannya [1]. Beton juga memiliki beberapa kelemahan, seperti bentuknya atau campuran beton yang sudah mengeras akan sulit untuk diubah. Dalam pelaksanaannya dibutuhkan ketelitian untuk menciptakan beton yang sesuai dengan spesifikasi, kuat tarik beton rendah dan daya pantul suaranya cukup besar.

2.2 Material beton

Pada pembuatan beton, material pembuat beton harus memenuhi standar yang telah ditentukan. Dengan penggunaan bahan pembuat beton yang baik akan menghasilkan beton yang memiliki kekentalan yang baik dalam pekerjaan beton, keawetan, kuat tekan yang baik dan ekonomis. Berikut material penyusun beton:

a. Agregat

Agregat merupakan bahan yang terdapat di alam sebagai bahan pengisi campuran beton. Agregat dihasilkan dari hasil disintegrasi alami batuan. Agregat menjadi bahan pembentuk beton sekitar 60% sampai 80% dari volume beton. Pemilihan agregat untuk campuran beton dikarenakan sifat dari bahan alam ini sendiri. Sifat agregat yang memiliki kekuatan hancur yang tinggi dan ketahanan terhadap benturan dapat memberikan pengaruh kepada ikatannya dengan pasta semen, karakteristik penyerapan air dan porositas. Spesifikasi agregat untuk beton dapat dilihat pada ASTM C 33. Agregat sendiri berfungsi untuk menghasilkan kekuatan pada beton, kepadatan pada beton dan mengontrol *workability* pada beton. Faktor yang menjadi penentu kualitas suatu beton adalah perbandingan antara agregat dan campuran semen, bentuk agregat, ukuran agregat, kekuatan agregat dan gradasi agregat [1]. Agregat dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok berdasarkan ukuran butiran, yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar merupakan butiran yang memiliki ukuran berkisar antara 5 mm sampai 40 mm. Agregat kasar yang akan digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan, yaitu kerikil atau batuan yang digunakan harus memiliki kekerasan dan tidak berpori untuk memberikan kekuatan pada beton serta tidak mudah menyerap air [2]. Selain itu, agregat yang akan digunakan haruslah bebas dari kandungan lumpur atau unsur organik. Kandungan lumpur pada agregat tidak boleh lebih dari 1% berat keringnya. Dilihat dari bentuknya yang tajam, agregat kasar dapat menyebabkan timbulnya gesekan yang menyebabkan terjadinya ikatan yang lebih baik. Pengikatan agregat didukung dengan penggunaan pasta semen. Agregat lain yang diperlukan dalam pembuatan beton adalah agregat halus. Berdasarkan SK SNI T-15-

1993-03 terdapat empat macam jenis pasir, yaitu pasir halus, pasir agak halus, pasir kasar, dan pasir agak kasar. Penggunaan pasir dalam campuran beton juga memiliki persyaratan, diantaranya pasir harus tahan terhadap cuaca, pasir harus terdiri dari butiran yang tajam untuk dapat memberikan ikatan dan pasir tidak boleh mengandung banyak bahan organik serta tidak mengandung lumpur lebih dari 5% berat keringnya karena dapat mengganggu ikatan antara pasir dengan semen.

b. Semen *Portland*

Semen juga merupakan salah satu bahan dari pembuatan campuran beton. Semen sendiri terbuat dari hasil penghalusan klinker yang akan digunakan untuk bahan pengikat hidrolis. Apabila semen hidrolis dicampurkan dengan air maka akan menimbulkan suatu reaksi dan mengeras, yang disebut dengan hidrasi. Semen *portland* memiliki sifat halus, bentuk yang kekal dan kuat. Selain itu, semen *portland* dapat dibedakan menjadi beberapa tipe (SNI 03-2834-2000):

1. Semen *portland* tipe I, yaitu semen yang tidak memerlukan persyaratan khusus untuk menggunakannya.
2. Semen *portland* tipe II, yaitu semen yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang dalam penggunaannya.
3. Semen *portland* tipe III, yaitu semen yang memerlukan kekuatan tinggi pada saat pengikatan sudah terjadi.
4. Semen *portland* tipe IV, yaitu semen yang menuntut panas hidrasi yang rendah dalam penggunaannya.
5. Semen *portland* tipe V, yaitu semen yang menuntut ketahanan terhadap sulfat dalam penggunaannya.

c. Air

Air merupakan salah satu bahan dalam pembuatan beton yang akan bereaksi dengan semen. Air untuk pencampuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan yang akan merusak kualitas air sendiri. Air yang dipergunakan biasanya merupakan air tawar yang tidak berbau. Terdapat persyaratan air untuk campuran beton, yaitu kandungan lumpur tidak lebih dari 2 gram/liter, kandungan garam perusak beton tidak lebih dari 15 gram, dan air tidak mengandung unsur-unsur senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter, serta klorida lebih dari 0,5 gram/liter [3]. Air yang mengandung unsur kimia tersebut akan mempengaruhi reaksi kimia semen sehingga mengganggu kelekatan antara pasta semen dan agregat. Selain itu, dapat mempengaruhi kekuatan beton. Kebutuhan air dalam campuran beton harus diperhitungkan dengan baik. Kelebihan air pada campuran akan menentukan kualitas beton. Kelebihan air akan mempermudah proses pekerjaan beton tetapi dapat membuat campuran beton menjadi banyak rongga ketika airnya telah mengering sehingga kuat tekan beton menurun. Kekurangan air juga tidak baik pada campuran beton karena dapat memperlambat proses kimia semen.

2.3 Tempurung kelapa

Tempurung kelapa merupakan kulit dalam dari buah kelapa yang banyak mengandung SiO_2 sehingga teksturnya keras, dengan ketebalan 3-6 mm. Tempurung kelapa menjadi limbah dari sisa pengolahan rumah tangga atau industri. Tempurung kelapa umumnya digunakan masyarakat untuk bahan pembakaran. Terdapat beberapa karakteristik pada tempurung kelapa, yaitu keras dan tidak fleksibel, ketebalan permukaan tidak rata, motif permukaan khas, kuat dan tahan air. Dengan sifatnya yang keras, tempurung memiliki kekuatan yang dapat menggantikan agregat kasar pada beton. Selain itu, karena teksturnya yang keras maka tempurung kelapa tidak fleksibel atau tidak mudah dibentuk dan tempurung akan mempertahankan kekuatannya sendiri. Tempurung kelapa juga memiliki pori-pori yang kecil sehingga dapat menampung air. Keras dan tahan air menjadi unsur penting dalam membuat tempurung menggantikan agregat kasar pada campuran beton. Tempurung kelapa juga memiliki serabut pada permukaan batok kelapa

yang membuat permukaan dari tempurung kelapa lebih kasar, sehingga material tempurung kelapa dapat memiliki daya ikat yang lebih kuat terhadap pasta [4].

2.4 Uji Kuat tekan

Dalam perencanaan suatu campuran beton harus ditentukan terlebih dahulu mutu beton/kuat tekan yang diinginkan. Kuat tekan beton yang dilambangkan dengan f'_c merupakan kuat tekan perencanaan [5]. Kuat tekan yang ditargetkan dilambangkan dengan f_{cr} , dimana kuat tekan rata-rata yang diharapkan dapat melampaui nilai f'_c . Hasil kuat tekan yang telah dirancang dapat diketahui dari hasil uji kuat tekan dengan alat berkapasitas 2000 kN.

Sebelum pengujian dilakukan terdapat proses *curing*. *Curing* dilakukan untuk menjaga mutu beton. Perawatan beton ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya penguapan air secara berlebihan yang dapat mempengaruhi mutu beton. Penguapan yang terjadi secara berlebihan dapat membuat beton mengalami keretakan (*crack*). Perawatan beton dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu cara perendaman dan penguapan.

Pengujian beton umumnya dilakukan setelah beton berusia 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, atau 28 hari. Pemeriksaan mutu beton dapat dilakukan dengan perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur terhadap beton yang berumur 28 hari.

Tabel 1. Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen <i>portland</i> biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1,00	1,20	1,35
Semen <i>portland</i> dengan kekuatan awal tinggi	0,55	0,75	0,90	0,95	1,00	1,15	1,20

Terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton, yaitu faktor air semen dan kepadatan, umur beton, sifat agregat, jumlah dan jenis semen. Beton yang memiliki faktor air semen minimal dapat dikatakan sebagai beton yang baik. Hal tersebut dikarenakan campuran air dan semen dapat memberikan kemudahan kerja, sehingga proses pemadatan tidak dilakukan secara berlebihan. Kandungan semen yang digunakan dalam campuran akan mempengaruhi kuat tekan karena mempengaruhi ikatan dalam campuran beton. Selain itu, sifat agregat juga mempengaruhi kuat tekan beton ditinjau dari kekerasan dan kekasaran agregat kasar, serta gradasi agregat. Agregat yang digunakan dalam campuran beton haruslah agregat bergradasi yang baik sehingga beton memiliki kuat tekan yang tinggi atau sesuai rencana.

2.5 Absorpsi

Pengujian absorpsi yang dilakukan pada beton untuk mengetahui banyaknya air yang diserap oleh benda uji beton. Penyerapan air yang terdapat pada beton menyatakan besarnya pori atau rongga yang dimiliki oleh benda uji beton tersebut. Semakin banyak atau besar pori dalam benda uji beton akan membuat beton menyerap air semakin banyak sehingga akan mengakibatkan berkurangnya ketahanan atau kekuatan pada benda uji beton. Salah satu penyebab dari banyaknya pori adalah pemadatan beton yang kurang baik atau jenis material pencampur beton yang digunakan. Selain itu, tidak tepatnya komposisi material penyusun dari benda uji beton dapat membuat beton memiliki rongga udara. Studi penyerapan air pada beton dapat dilakukan berdasarkan ASTM C 642-82. Rumus absorpsi dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Absorpsi} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

A = Berat kering benda uji (gr)

B = Berat jenuh kering permukaan benda uji (gr)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen dalam penggunaan atau pencampuran kadar bahan pengganti gergas kasar. Metode eksperimen dilakukan untuk mengetahui pengaruh yang ditimbulkan dari pencampuran bahan lain. Pengujian dari campuran beton dengan melakukan pengujian bahan yang digunakan, kuat tekan, dan absorpsi. Berikut tahapan pada penelitian ini, mulai dari tahap persiapan hingga tahap pengujian.

3.1 Persiapan dan Pengujian Bahan

Bahan yang digunakan pada pembuatan beton ini adalah semen *portland*, agregat kasar, agregat halus, air, dan pecahan tempurung kelapa. Bahan agregat dan tempurung kelapa mengalami proses pencucian terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar lumpur yang ada pada bahan tersebut. Pengeringan agregat dilakukan secara alami, yaitu kering udara. Selain itu, untuk pecahan tempurung kelapa melalui beberapa tahapan untuk digunakan sebagai bahan pengganti. Serabut kelapa yang menempel pada tempurung dilepas sehingga hanya batok dari kelapanya saja yang digunakan. Ukuran tempurung kelapa yang digunakan adalah tempurung yang lolos saringan 1,5” dan tertahan di saringan nomor 4. Selanjutnya tempurung direndam dalam air selama 24±4 jam dan pengeringan dilakukan selama empat jam dengan menggunakan oven bersuhu 100°C. Bahan yang digunakan kemudian diuji berdasarkan standar nasional Indonesia untuk dapat digunakan lebih lanjut pada penelitian ini.

3.2 Mix Design

Perhitungan *mix design* menggunakan acuan SNI 7657 tahun 2012. Perhitungan *mix design* pertama kali menemukan *mix design* untuk beton normal pada penelitian menggunakan perhitungan untuk f_c' 30 MPa. Nilai *slump* yang direncanakan sebesar 100 mm. Agregat kasar yang digunakan maksimal ukuran 1,5”. Rasio air semen pada perhitungan sebesar 0,42. Setelah mendapatkan *mix design* beton normal selanjutnya perubahan jumlah agregat kasar dengan pecahan tempurung kelapa dihitung. Langkah selanjutnya adalah penggantian agregat kasar dengan pecahan tempurung kelapa dengan kadar 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari jumlah agregat kasar.

3.3 Pembuatan dan Perawatan Benda Uji

Persiapan alat dan bahan pembuatan benda uji berdasarkan kebutuhan bahan dari setiap hitungan yang dilakukan. Alat dan bahan dipastikan dalam kondisi yang baik dan sesuai spesifikasi. Pembuatan beton dilakukan dengan pembuatan beton normal dan beton dengan pecahan tempurung kelapa. Benda uji yang dibuat dengan menggunakan silinder berukuran 15x30 cm. Jumlah benda uji yang dilakukan masing-masing kadar sebanyak 10 buah silinder. Pelepasan benda uji dari *mold* selama ±4 jam dan selanjutnya dilakukan perawatan dengan perendaman dalam air (*curing*).

3.4 Pengujian Beton

Pengujian benda uji dilakukan pada umur ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28 hari. Pengujian dengan kuat tekan beton di laboratorium. Pengujian kuat tekan dengan 8 *sample*, dimana masing-masing umur sebanyak dua *sample*. Pengujian lain yang dilakukan adalah absorpsi. Pengujian absorpsi dilakukan dengan metode *British Standard* (BS) 1181-122:2011. Pengujian untuk absorpsi menggunakan dua *sample* beton.

3.5 Analisis dan Kesimpulan

Pengolahan data dilakukan setelah data nilai kuat tekan dan nilai absorpsi beton didapat. Hasil tersebut digunakan pada bagian analisis. Analisis yang dilakukan adalah dengan membandingkan hasil nilai kuat tekan beton masing-masing kadar campuran tempurung kelapa dan normal melalui grafik sehingga kita dapat mengetahui peningkatan yang dihasilkan pada setiap umur rencana. Analisis juga dilakukan untuk mengetahui karakteristik kualitas beton dengan penggunaan tempurung kelapa. Selain itu, beton yang dibuat dapat dianalisis nilai absorpsinya dan dibandingkan antara absorpsi beton normal dengan penambahan tempurung kelapa.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Bahan

Berdasarkan pengujian bahan agregat yang digunakan untuk pengujian pembuatan beton menunjukkan bahwa semua pengujian telah memenuhi syarat yang ditentukan. Data yang akan digunakan pada perhitungan *mix design*, yaitu nilai kadar air, penyerapan air, dan modulus kehalusan agregat halus.

Tabel 2. Pengujian Bahan

Pengujian	Agregat Kasar	Agregat Halus	Tempurung Kelapa	Syarat
Kadar Air (%)	1,74	1,80	-	0 - 3
Kadar Organik	-	8	-	5 - 11
Berat Jenis (gr/cm ³)	2,43	2,47	0,9	1,60 - 3,20
Penyerapan Air (%)	2,32	2,90	20,2	-
Kadar Lumpur (%)	0,70	-	-	<1
Keausan Agregat (%)	18,37	-	-	<50
Berat Isi Padat (kg/m ³)	1528,40	1588,63	-	1201,38 - 1762,03
Modulus Kehalusan	8,158	-	-	5,50 - 8,50
	-	2,40	-	2,20 - 3,10

4.2 Mix Design

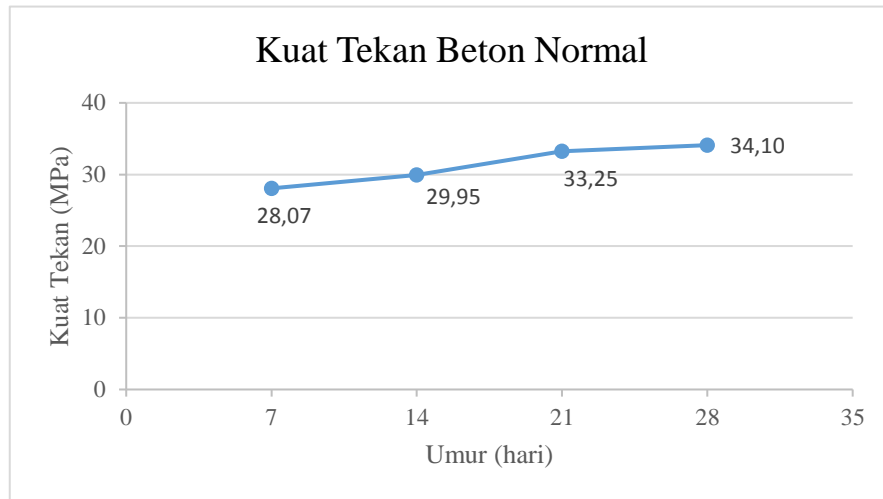
Pembuatan beton dilakukan dengan melakukan proses *mix design* terlebih dahulu. Pembuatan beton di *design* dengan memiliki kuat tekan sebesar 30 MPa pada umur 28 hari. Perhitungan *mix design* yang dilakukan telah melalui tahapan penambahan bahan sebanyak 20%. Berikut hasil *mix design* yang didapat:

Tabel 3. Mix Design

		Normal	2%	4%	6%	8%	10%
Air	liter/m ³	231,78	231,79	231,80	231,81	231,82	231,83
Semen	kg/m ³	501,10	501,11	501,12	501,13	501,14	501,15
Agregat Kasar	kg/m ³	1010,85	990,63	970,42	950,20	929,98	909,77
Agregat Halus	kg/m ³	546,08	546,09	546,10	546,11	546,12	546,13
Tempurung Kelapa	kg/m ³	0	20,22	40,43	60,65	80,87	101,09

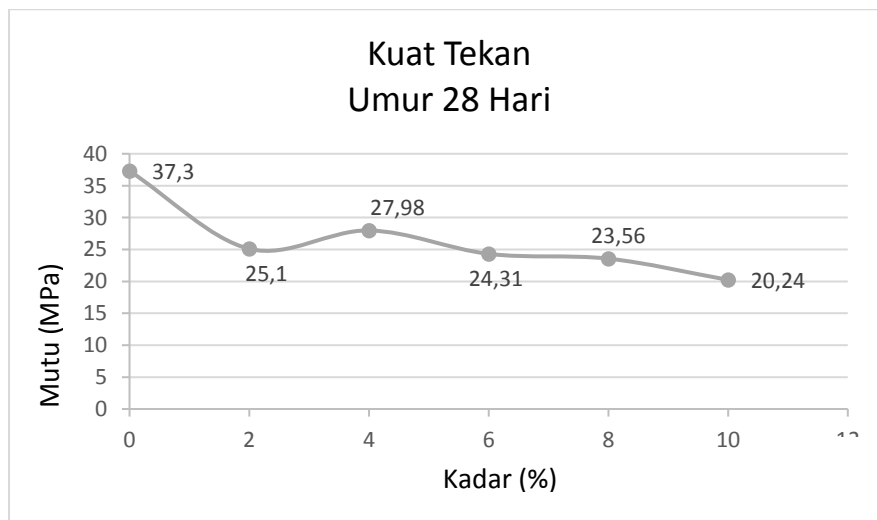
4.3 Hasil Kuat Tekan

Pengujian dilakukan dengan alat kuat tekan beton dengan memberikan beban pada beton secara vertikal. Beban maksimum yang mampu ditumpu oleh beton ditandai dengan retaknya beton tersebut. Berikut pengujian yang telah dilakukan di laboratorium dengan delapan *sample* yang diuji untuk kuat tekan. Pengujian dilakukan pada hari ke-7, ke-14, ke-21, dan ke-28. Berikut hasil kuat tekan pada beton normal:



Gambar 1. Grafik Data Kuat Tekan Beton Normal

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa kekuatan beton normal meningkat dengan bertambahnya umur beton. Pengujian kuat tekan berpedoman pada ketentuan berdasarkan PBI 1971 N.I-2. Pada hari ketujuh ketentuan kuat tekan beton sebesar $\geq 65\%$ dari nilai f_c' atau harus mencapai 19,5 MPa dan hasil rata-rata kuat tekan beton pada hari ketujuh sebesar 28,07 MPa. Pada hari ke-14 ketentuan kuat tekan beton sebesar $\geq 88\%$ dari nilai f_c' atau mencapai 26,4 MPa dan hasil rata-rata yang diperoleh sebesar 29,95 MPa. Pada hari ke-21 ketentuan kuat tekan beton sebesar $\geq 95\%$ dari nilai f_c' atau mencapai 28,5 MPa dan hasil rata-rata yang diperoleh sebesar 33,25 MPa. Pada hari ke-28 ketentuan kuat tekan beton sebesar $\geq 100\%$ dari nilai f_c' atau mencapai 30 MPa dan hasil rata-rata yang diperoleh sebesar 34,10 MPa.

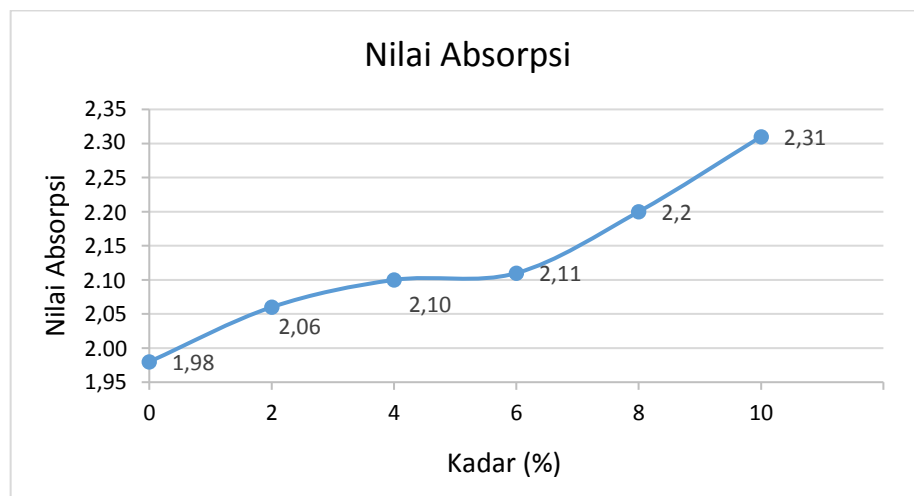


Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Beton Normal & Tempurung Kelapa

Pengujian kuat tekan berpedoman pada ketentuan PBI 1971 N.I-2. Dari pembuatan beton dengan tempurung kelapa kadar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dengan f_c' 30 Mpa diperoleh hasil pada kadar 0% sebesar 37,3 MPa. Pada kadar 2% kuat tekan sebesar 25,1 MPa. Hasil tersebut menunjukkan terjadinya penurunan sebesar 32,71% dari kuat tekan beton normal. Pada kadar 4% kuat tekan sebesar 27,98 MPa. Hasil tersebut menunjukkan terjadinya penurunan sebesar 24,99% dari kuat tekan beton normal. Pada kadar 6% kuat tekan sebesar 24,31 MPa. Hasil tersebut menunjukkan terjadinya penurunan sebesar 34,83% dari kuat tekan beton normal. Pada kadar 8% kuat tekan sebesar 23,56 MPa. Hasil tersebut menunjukkan terjadinya penurunan sebesar 36,89% dari kuat tekan beton normal. Pada kadar 10% kuat tekan sebesar 20,24 MPa. Hasil tersebut menunjukkan terjadinya penurunan sebesar 45,74% dari kuat tekan beton normal. Dibandingkan dengan beton normal, penggunaan tempurung kelapa menyebabkan nilai kuat tekan beton menurun. Berdasarkan penurunan yang dialaminya, tempurung kelapa tidak membuat beton rencana awal berubah jenisnya hingga kadar 10%. Dengan tempurung kelapa beton tetap sebagai beton mutu sedang dengan mutu beton 21 MPa – 40 MPa.

4.4 Hasil Absorpsi

Absorpsi pada beton menunjukkan banyaknya penyerapan air yang diterima pada beton. Penyerapan air disebabkan oleh rongga atau pori yang terdapat pada beton tersebut. Rongga udara atau pori yang besar pada beton akan menyebabkan penyerapan air beton juga meningkat. Pengujian absorpsi dilakukan dengan dua *sample* untuk setiap kadar pada pembuatan beton.



Gambar 3. Grafik Nilai Absorpsi

Berdasarkan pengujian absorpsi diperoleh nilai absorpsi beton untuk setiap kadar pencampuran tempurung kelapa. Tempurung kelapa dengan kadar 2% diperoleh nilai penyerapan air sebesar 2,06%. Peningkatan yang dialami pada kadar 2% dari beton normal sebesar 4,04%. Tempurung kelapa dengan kadar 4% diperoleh nilai penyerapan air sebesar 2,1%. Peningkatan yang dialami pada kadar 4% dari beton normal sebesar 6,06%. Tempurung kelapa dengan kadar 6% diperoleh nilai penyerapan air sebesar 2,11%. Peningkatan yang dialami pada kadar 6% dari beton normal sebesar 6,57%. Tempurung kelapa dengan kadar 8% diperoleh nilai penyerapan air sebesar 2,2%. Peningkatan yang dialami pada kadar 8% dari beton normal sebesar 11,11%. Tempurung kelapa dengan kadar 10% diperoleh nilai penyerapan air sebesar 2,31%. Peningkatan yang dialami pada kadar 10% dari beton normal sebesar 16,67%. Dibandingkan dengan absorpsi normal, nilai

absorpsi beton dengan tempurung mengalami kenaikan. Hal tersebut disebabkan karena pengaruh tempurung yang memiliki penyerapan yang cukup besar.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pengujian nilai kuat tekan beton dengan pecahan tempurung kelapa menurunkan nilai kuat tekan. Kuat tekan dengan pecahan tempurung kelapa tertinggi pada kadar 4% sebesar 27,98 MPa dan menurunkan nilai kuat tekan sebesar 24,99% dari kuat tekan beton normal.
- b. Penggunaan tempurung kelapa dengan kadar 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% masih dapat dikategorikan sebagai beton mutu sedang dan dapat digunakan untuk struktur normal atau bangunan tingkat rendah.
- c. Pengujian nilai absorpsi dengan pecahan tempurung kelapa menaikkan nilai absorpsi. Nilai absorpsi dengan pecahan tempurung kelapa tertinggi pada kadar 10% sebesar 2,31% dan mengalami kenaikan nilai absorpsi sebesar 16,67% dari kuat tekan beton normal. Peningkatan nilai absorpsi beton menunjukkan rongga udara pada beton semakin besar dan menurunkan nilai kuat tekan beton.
- d. Penggunaan pecahan tempurung kelapa dapat menggantikan agregat kasar sebesar 4% dari total kebutuhan agregat kasar. Hal tersebut dapat mengurangi penumpukan limbah tempurung kelapa bila beton yang diproduksi secara massal atau dalam jumlah yang banyak.

REFERENSI

- [1]. Arfadiani, Dina dan Dwinita Larasati. "Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Muda Melalui Pengembangan Desain Produk Alat Makan". *Jurnal Tingkat Sarjana Seni rupa dan Desain* No. 1: 1-8
- [2]. Badan Standardisasi Nasional. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002.
- [3]. Mulyono, Tri. 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta: Andi.
- [4]. Sonawane, Yogesh N. Dan Chetan Jaiprakash Chitte. "Waste Coconut Shell as a Partial Replacement Coarse Aggregate in Concrete Mix – An Experimental Study". *International Journal of Science and Research* Volume 5 Issue 4 (April 2016): 649-651.
- [5]. Yerramala, Amarnath dan Ramachandrudu C. "Properties of Concrete with Coconut Shells as Aggregate Replacement". *International Journal of Enginnering Inventions* Volume 1 Issue 6 (October 2012): 21-31.